PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 7:

G02F 1/035, H04B 10/18

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 00/65404

A1 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum:

2. November 2000 (02.11.00)

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/DE00/01032

(22) Internationales Anmeldedatum:

4. April 2000 (04.04.00)

(81) Bestimmungsstaaten: CN, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

(30) Prioritätsdaten:

199 18 369.4

22. April 1999 (22.04.99)

DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): NOE, Reinhold [AT/DE]; Helmemer Weg 2, D-33100 Paderborn (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE-SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).

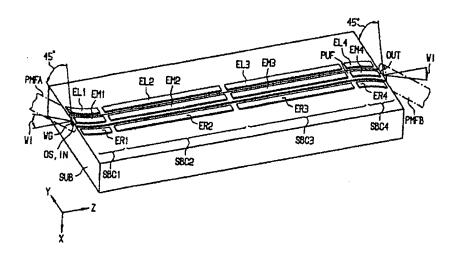
Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht.

Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.

(54) Title: DEVICE FOR COMPENSATING POLARISATION MODE DISPERSION

(54) Bezeichnung: EINRICHTUNG ZUR KOMPENSATION VON POLARISATIONSMODENDISPERSION



(57) Abstract

The invention relates to a polarisation transformer/PMD compensator chip that is located in a substrate (SUB) in a weak or non-double refractive crystal section with a mode transformation between circular polarisations. The polarisation transformer/PMD compensator chip contains other polarisation actuators in the form of quarter wave plates, which enable the transformation of the polarisation-receiving optical waveguides (PMFA, PMFB) situated upstream or downstream from circular polarisation to a main polarisation. Modules of this type can be cascaded to produce a simple polarisation mode dispersion compensator.

(57) Zusammenfassung

Ein Polarisationstransformator/PMD-Kompensator-Chip in einem Substrat (SUB) in schwach oder nicht doppelbrechenden Kristallschnitt mit einer Modenwandlung zwischen zirkularen Polarisationen enthält weitere Polarisationsstellglieder als Viertelwellenplatten, welche die Umformung von zirkularer Polarisation in eine Hauptpolarisation von vor- oder nachgeschalteten polarisationserhaltenden Lichtwellenleitern (PMFA, PMFB) erlauben. Durch Kaskadierung solcher Module erhält man einen einfachen Kompensator von Polarisationsmodendispersion.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
ΑT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland		Republik Mazedonien	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungam	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		Amerika
CF	Zentralafrikanische Republik	JР	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik	NZ	Neuseeland	zw	Zimbabwe
CM	Kamerun		Korea	PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumanien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

Beschreibung

Einrichtung zur Kompensation von Polarisationsmodendispersion

5 Die Erfindung betrifft einen Kompensator von Polarisationsmodendispersion nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

In IEEE J. Lightwave Techn. 6(1988)7, S. 1199-1207 ist ein Polarisationstransformator beschrieben, der auf einem nicht doppelbrechenden Substratmaterial realisiert ist. Dieser kann jede beliebige Polarisation endlos in zirkulare Polarisation überführen oder umgekehrt und besitzt eine sehr geringe Verzögerung, die im Idealfall nur maximal π betragen muß. Er arbeitet als Modenwandler für zirkulare Polarisationen, wobei die Phasenverzögerung zwischen diesen zirkularen Polarisationen beliebig und endlos gewählt werden kann. Die möglichen Eigenmoden dieses Polarisationstransformators sind die linearen Polarisationen.

- Ähnliche Polarisationstransformatoren finden sich in IEEE J. 20 Lightwave Techn. 8(1990), S. 438-458 und IEEE Photon. Techn. Lett. 4(1992), S. 503-505. Jene letzteren besitzen bei Addition der Verzögerungen der einzelnen Bestandteile Verzögerungen, die 2π oder mehr betragen, können dafür aber auch jede beliebige in jede beliebige andere Polarisation überführen. 25 Im Tagungsband zur Optical Fiber Communications Conference and International Conference on Integrated Optics and Optical Fiber Communications (OFC/IOOC '99), postdeadline paper volume, PD29, San Diego, 21.-26. Feb. 1999 wurde berichtet, daß PMD-Kompensatoren aus einer Reihe von differentiellen Verzögerungssektionen aufgebaut werden können, daß die dazwischenliegenden Polarisationstransformatoren jede beliebige Polarisation in eine Hauptpolarisation (principal state-of-polarization) der darauffolgenden differentiellen
- 35 Verzögerungssektion überführen können muß.

Als Verzögerungssektion eignen sich beispielsweise doppelbrechende Lichtwellenleiter (z.B. PANDA-Faser), welche lineare Hauptpolarisationen besitzen. Ein elektrooptischer Polarisationstransformator, welcher jede beliebige in eine lineare Polarisation endlos überführt und gleichzeitig eine sehr geringe aktiv steuerbare Verzögerung von beispielsweise nur π aufweist, ist nicht bekannt.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, einen relativ einfachen Polarisationstransformator, welcher jede beliebige in eine lineare Polarisation endlos überführt, und einen daraus aufgebauten Kompensator von Polarisationsmodendispersion anzugeben.

Diese Aufgabe wird durch eine im Anspruch 1 angegebene Anordnung gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

20

25

Erfindungsgemäß wird einem Modenwandler zirkularer Polarisationen eine Viertelwellenplatte nachgeschaltet. Bei Bedarf wird eine andere Viertelwellenplatte vorgeschaltet. Dadurch entsteht ein Polarisationstransformator, welcher lineare Polarisationen mit ±45° Erhebungswinkel ineinander umwandeln kann.

Durch Kaskadieren mehrerer solcher Polarisationstransformatoren mit dazwischengeschalteten und am Ende des letzten nachgeschalteten polarisationserhaltenden Lichtwellenleitern, welche so orientiert sind, daß sie ±45° Erhebungswinkel der linear polarisierten Hauptpolarisationen (principal statesof-polarization) aufweisen, und die außerdem zwischen diesen Hauptpolarisationen differentielle Gruppenlaufzeiten aufweisen, entsteht ein einfacher Kompensator von Polarisationsmodendispersion.

Die Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Es zeigen:

5

- Figur 1 den prinzipiellen Aufbau eines erfindungsgemäßen Polarisationstransformators
- Figur 2 einen Schnitt durch den Polarisationstransformator nach Figur 1,
- 10 Figur 3 einen Kompensator von Polarisationsmodendispersion mit mehreren Polarisationstransformatoren.

In einem ersten Ausführungsbeispiel nach Figur 1 (Schnitt: Figur 2) besteht der Polarisationstransformator aus einem
Lithiumiobatkristall mit X-Schnitt und Z-Ausbreitungsrichtung. Statt Lithiumniobat können viele andere Substanzen eingesetzt werden, beispielsweise Lithiumtantalat oder Halbleiter.

- Durch Eindiffusion von Titan wurde im Kristall SUB ein Wel-20 lenleiter WG erzeugt. Auf dem Kristall kann - aber muß nicht - eine isolierende Pufferschicht PUF aufgebracht sein, beispielsweise aus Siliziumdioxid. Ebenso wie der Kristall ist sie bei der Betriebswellenlänge transparent. Auf der Pufferschicht oder auf dem Kristall sind leitende Elektroden ELi, 25 EMi, ERi (i = 1 ... 4) aufgedampft. Diese können aus Metall, beispielsweise Aluminium bestehen, aber auch aus transparenten leitfähigen Materialien wie Indium-Zinn-Oxid (ITO). Im Ausführungsbeispiel ist die Pufferschicht PUF nur unter der mittleren Elektrode vorhanden. Dies hat den Vorteil, daß Felder, die nur zwischen den äußeren Elektroden ELi, ERi bestehen, keiner DC-Drift unterworfen sind. Eine vergrößerte Dämpfung durch Elektrodenleitfähigkeit tritt nicht oder in nur sehr geringem Maße ein, weil die optische Welle im 35
- 35 Bereich der äußeren Elektroden ELi, ERi schon sehr stark abgeklungen ist.

WO 00/65404 4 PCT/DE00/01032

Die Elektroden ELi, EMi, ERi sind segmentiert, so daß 4 Polarisationsstellglieder SBCi (i = 1 ... 4) vorhanden sind. Die Mittelelektroden EMi befinden sich über dem Wellenleiter, linke und rechte Elektroden ELi, ERi sind parallel auf beiden 5 Seiten des Wellenleiters WG angebracht. Einzelne Elektroden verschiedener Segmente können auch miteinander verbunden sein, beispielsweise alle Elektroden EMi. Durch Anlegen entgegengesetzter Spannungen UPi (i = $1 \dots 4$) zwischen den äußeren Elektroden ERi, ELi wird eine differentielle Phasen-10 verschiebung zwischen den transversal elektrischen (TE-) und den transversal magnetischen (TM-) Wellen erzeugt. Aufgrund unvermeidlicher Wellenleiterdoppelbrechung sind in der Regel von Null verschiedene Spannungswerte UPi0 der Spannungen UPi erforderlich, um Phasenanpassung, d.h. verschwindende TE-TM-Phasenverschiebung zu erzielen. Statt der Z-Ausbreitungsrich-15 tung können deshalb auch andere Ausbreitungsrichtungen gewählt werden, welche sich der Z-Achse bis auf wenige Grade annähern, denn dadurch läßt sich die Wellenleiterdoppelbrechung mit Hilfe des geringfügig doppelbrechenden Kristallschnitts näherungsweise ausgleichen. In der Regel sind trotz-20 dem Spannungswerte UPi0 ungleich Null erforderlich zur Phasenanpassung, den dieser Ausgleich ist i.a. unvollständig.

Legt man an den äußeren Elektroden ELi, ERi gegenüber der

Mittelelektrode EMi gleichgerichtete Spannungen UCi (i = 1
.... 4) an, so erhält man TE-TM-Modenkonversion. Bei

verschwindender Spannung UCi ist die Modenkonversion idealerweise gleich Null, doch schon bei geringfügiger lateraler

Verschiebung der Elektroden in Y-Richtung gegenüber dem

Wellenleiter kann dafür eine Spannung UCiO notwendig sein.

Durch Kombination von entgegen- und von gleichgerichteten Spannungen UPi und UCi läßt sich jede beliebige Kombination von TE-TM-Phasenverschiebung und TE-TM-Modenkonversion erreichen. Man nennt ein solches Polarisationsstellglied auch einen Soleil-Babinet-Kompensator SBC. Die Verzögerung wi des SBCi ergibt sich durch geometrische Addition der TE-TM- WO 00/65404 5 PCT/DE00/01032

Phasenverschiebung ohne Modenkonversion und der TE-TM-Modenkonversion ohne Phasenverschiebung, also wi = sqrt((b * (UCi - UCi0))^2 + (a * (UPi - UPi0))^2). Die Verzögerung wi sei im folgenden stets als positiv verstanden; negative Verzögerungen werden durch positive bezüglich vertauschter Eigenmoden dargestellt. Die Konstanten a, b sind durch Überlappintegrale zwischen elektrischen und optischen Feldern bestimmt. Ein SBC wirkt als lineare optische Wellenplatte der Verzögerung wit orthogonalen, linear polarisierten Eigenmoden. Der Tangens des Doppelten eines Erhebungswinkels eines dieser Eigenmoden ist proportional zum Verhältnis (b * (UCi - UCi0)) / (a * (UPi - UPi0)). Wie bereits bemerkt, ist UCi0 im Idealfall gleich Null.

15 Zur Polarisationstransformation eines zirkularen in jeden beliebigen Polarisationszustand oder umgekehrt kann ein SBCi eine Verzögerung ψ i = 0 ... π aufweisen, siehe IEEE J. Lightwave Techn. 6(1988)7, S. 1199-1207. Es läßt sich noch nachweisen, daß eine Aufteilung eines SBC in mehrere, wobei 20 die Einstellbarkeit der Summe der Verzögerungen dieselbe sei wie die Einstellbarkeit des aufgeteilten SBC, stets ebenfalls die gewünschten Polarisationstransformationen ermöglicht. So können zur Transformation eines zirkularen in jeden beliebigen Polarisationszustand oder umgekehrt beispielsweise auch zwei SBCs mit Verzögerungen von jeweils 0 ... $\pi/2$ verwendet 25 werden. Dazu dienen in Figur 1 SBC2 und SBC3. Ausgangsseitig ist ein ähnlich aufgebauter SBC4 vorhanden. Vorzugsweise wirkt er als Viertelwellenplatte mit Eigenmoden, welche parallel bzw. senkrecht zur Chipoberfläche liegen. Um die Baulänge zu minimieren, wird der Wellenleiter WG in oder kurz vor SBC4 um einen Winkel WI gekrümmt. Dies hat den Vorteil, daß sich auch die Materialdoppelbrechung des Substratmaterials auswirkt, so daß SBC4 eine kürzere Baulänge besitzen kann als SBC2 oder SBC3. In diesem bevorzugten Fall sind bei geeigneter Längenwahl gar keine Elektroden für SBC4 erforderlich, weil das entsprechende Wellenleiterstück schon von selbst als solche Viertelwellenplatte wirkt. Um unvermeidWO 00/65404 PCT/DE00/01032

liche, in ihrer Amplitude allerdings in der Regel nicht besonders bedeutende Ungenauigkeiten ausgleichen zu können, sind die kürzeren Elektroden ER4, EM4, EL4 jedoch zweckmäßig und ausreichend. Ausgangsseitig ist ein polarisationserhaltender Lichtwellenleiter PMFB angeschlossen, dessen Hauptpolarisationen (Achsen) Winkel von 45° zur Chipoberfläche aufweisen. Da zirkulare Polarisation am Eingang von SBC4 in ±45°-Polarisation am Ende von SBC4 transformiert wird, wirken SBC2, SBC3 als ein Polarisationstransformator, welcher in einem Kompensator von Polarisationsmodendispersion (PMD-Kom-10 pensator) eingesetzt werden kann. Aus Symmetriegründen und zur leichteren Ansteuerbarkeit des Polarisationstransformators ist der Eingang des Chip ebenso aufgebaut: Auf einen polarisationserhaltenden Lichtwellenleiter PMFA mit 45°-Winkel zwischen Hauptpolarisationen und Chipoberfläche folgt 15 der unter einem Winkel WI verlaufende, kurze Soleil-Babinet-Kompensator SBC1, dessen Elektroden bei Längen- und Winkelwahl als Viertelwellenplatte wie bei Soleil-Babinet-Kompensator SBC4 auch weggelassen werden könnten. Anschließend folgen die Soleil-Babinet-Kompensatoren SBC2, SBC3. Der Winkel WI 20 zwischen dem Verlauf des Wellenleiters WG im Bereich der SBC2, SBC3 und dem Verlauf in SBC1, SBC4 führt nicht zu Schwierigkeiten bei der Kopplung zu den Lichtwellenleitern PMFA, PMFB, denn die Stirnflächen des Chip können in gewissen 25 Grenzen unter beliebigen Winkeln geschnitten werden. Der Winkel, unter dem die Lichtwellenleiter PMFA, PMFB gegenüber den Wellenleitern in den Soleil-Babinet-Kompensatoren SBC1, SBC4 auftreffen, bestimmt sich aus dem Winkel der Chipstirnflächen, den Brechzahlen und dem Brechungsgesetz.

30

Der Chip wird so betrieben, daß die Soleil-Babinet-Kompensatoren SBC1, SBC4 als Viertelwellenplatten mit linearen Eigenmoden, welche parallel bzw. senkrecht zur Chipoberfläche verlaufen. SBC2, SBC3 werden zusammen als SBC mit einer zwischen 0 und mindestens π veränderbaren Verzögerung betrieben. Die Segmentierung in SBC2, SBC3 mit Verzögerungen $\psi 2 = 0$... mindestens $\pi/2$, $\psi 3 = 0$... mindestens $\pi/2$ bietet wegen der

gleichzeitig vorhandenen individuellen Variabilität der Eigenmoden eine bessere Ausgleichsmöglichkeit gegenüber unvermeidlichen Ungenauigkeiten als ein unsegmentierter SBC, doch auf die Segmentierung kann auch verzichtet werden zugunsten einer reduzierten Anzahl von Steuerspannungen. Je nachdem, ob die PMFA, PMFB unter um 90° gegeneinander versetzten oder unter gleichen Erhebungswinkeln gleicher Hauptpolarisationen an den Stirnflächen des Chip montiert sind, ergibt sich eine Addition oder Subtraktion der differentiellen Gruppenlaufzeiten bei einer Verzögerung von 0. Falls eine der Viertelwellenplatten SBC1, SBC4 durch evtl. unterschiedlich gestaltete Längen und/oder Winkel WI alternativ dazu als Dreiviertelwellenplatte ausgeführt wird, ändert sich die Funktion gerade so, daß Addition und Subtraktion vertauscht werden.

10

15

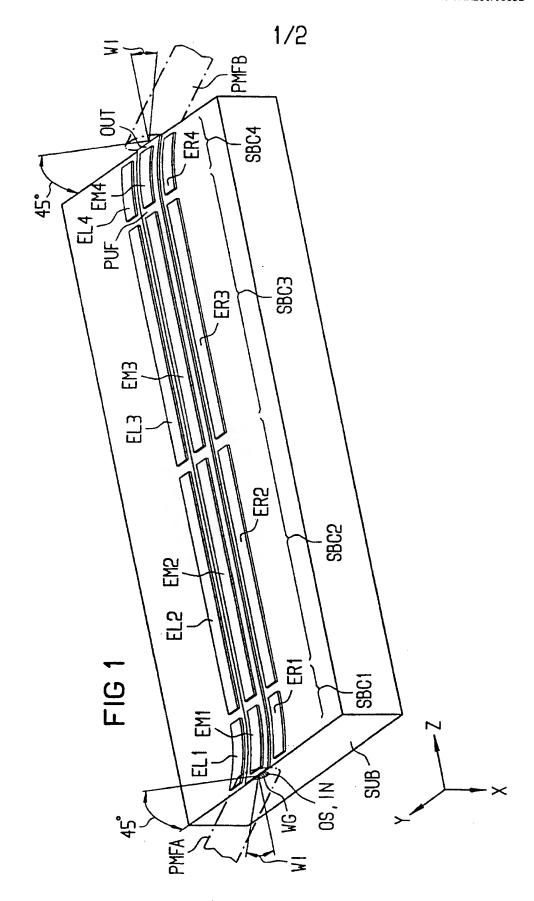
In Figur 3 ist schließlich ein PMD-Kompensator mit mehreren so aufgebauten Polarisationstransformatoren SUE1 ... SUB4 und dazwischen bzw. nachgeschalteten polarisationserhaltenden Lichtwellenleitern PMF1 ... PMF4 mit differentiellen Gruppen-20 laufzeiten und unter ±45° zu den Chipoberflächen verlaufenden linear polarisierten Hauptpolarisationen gezeichnet. Gegenüber dem Stand der Technik ergibt sich so eine deutlich reduzierte Baulänge der Polarisationstransformatoren, eine vereinfachte Ansteuerung und eine bessere Unterdrückbarkeit von 25 DC-Drift. Die Chipeingänge sind IN1 ... IN4, die Chipausgänge sind OUT1 ... OUT4, der Chipeingang IN1 ist gleichzeitig Eingang des PMD-Kompensators, der Ausgang O des Lichtwellenleiters PMF4 ist Ausgang des PMD-Kompensators. Eine bestimmte, z.B. die langsamere Hauptpolarisation der Lichtwellenleiter 30 PMF1 ... PMF4 ist jeweils an Chipausgängen OUT1, OUT2, OUT3 unter 45°, an Chipeingängen IN2, IN3, IN4 unter -45° bezüglich der y-Achse einjustiert. Unter der Voraussetzung, daß SBC1 und SBC4 in den Polarisationstransformatoren SUB1 ... SUB4 tatsächlich als Viertelwellenplatten gleicher Eigenmoden 35 arbeiten - dabei darf SBC1 in SUB1 eine Ausnahme bilden, weil dort kein polarisationserhaltender Lichtwellenleiter angeschlossen ist, werden deshalb durch SBC1 und SBC4 jeweils die zirkulare Hauptpolarisation am Anfang von SBC4 jedes der Chips SUB1 ... SUB 3 in dieselbe zirkulare Hauptpolarisation am Ende von SBC1 jedes der Chips SUB2 ... SUB4 übergeführt.

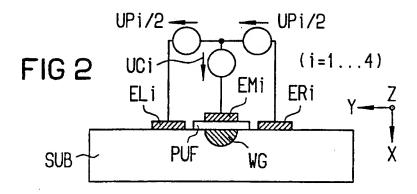
- Dies bedeutet, daß bei Verzögerungen $\psi 2 = 0$ und $\psi 3 = 0$ in jedem der Chips SUB2 ... SUB4 sich die differentiellen Gruppenlaufzeiten der polarisationserhaltenden Lichtwellenleiter PMF1 ... PMF4 addieren.
- 10 Chip SUB1 in Figur 2 kann abweichend von Figur 1 ohne Viertelwellenplatte SBC1 und auch ohne Wellenleiterkrümmung vor SBC2 ausgeführt werden, da statt eines polarisations-erhaltenden Lichtwellenleiters PMFA dort ohnehin ein beliebiger Standard-Lichtwellenleiter vom Ende einer Datenübertra-
- gungsstrecke an den Eingang IN des Chip SUB1 und somit Eingang IN1 des Kompensators der Figur 2 angeschlossen ist.

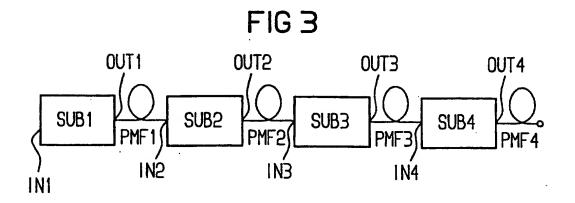
Patentansprüche

- 1. Polarisationstransformator in einem Substrat (SUB, SUB1, SUB2, SUB3, SUB4) in schwach oder nicht doppelbrechenden 5 Kristallschnitt mit mindestens einem Modenwandlung zwischen zirkularen Polarisationen zulassendem Polarisationsstellglied (SBC2, SBC3), dessen Steueranschlüsse (EL2, EL3, EM2, EM3, ER2, ER3) zur Steuerung der Polarisationstransformation eines optischen Signals (OS) verwendet werden, mit einem Eingang 10 (IN, IN1, IN2, IN3, IN4) und einem Ausgang (OUT, OUT1, OUT2, OUT3, OUT4) dadurch gekennzeichnet, daß ein weiteres Polarisationsstellglied SBC4 vorgesehen ist, welches wenigstens näherungsweise als Viertelwellenplatte 15 arbeitet mit Eigenmoden, welche die Umformung von zirkularer Polarisation in eine Hauptpolarisation eines nachgeschalteten polarisationserhaltenden Lichtwellenleiters (PMFB, PMF1, PMF2, PMF3, PMF4) erlauben.
- 20 2. Polarisationstransformator gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein weiteres Polarisationsstellglied SBC1 vorgesehen ist, welches wenigstens näherungsweise als Viertelwellenplatte arbeitet mit Eigenmoden, welche die Umformung einer Hauptpolarisation eines vorgeschalteten polarisationserhaltenden Lichtwellenleiters (PMFA, PMF1, PMF2, PMF3) in zirkulare Polarisation erlauben.
- 3. Polarisationstransformator gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein weiteres Polarisationsstellglied (SBC4, SBC1) Steueranschlüsse (EL4, EL1, EM4, EM1, ER4, ER1) zur Steuerung der Polarisationstransformation des optischen Signals (OS) aufweisen kann.

- 4. Polarisationstransformator gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3,
- dadurch gekennzeichnet,
- daß die Hauptpolarisationen mindestens eines polarisationserhaltenden Lichtwellenleiters (PMFA, PMFB, PMF1, PMF2, PMF3, PMF4) unter ±45° zur Chipoberfläche eines Substrats (SUB, SUB1, SUB2, SUB3, SUB4) verlaufen, daß ein weiteres, an eine Anschlußposition (IN, IN2, IN3, IN4, OUT, OUT1, OUT2, OUT3, OUT4) angrenzendes Polarisationsstellglied (SBC4, SBC1)
- 10 wenigstens näherungsweise horizontale und vertikale Eigenmoden besitzt.
 - 5. Polarisationstransformator gemäß einem der Ansprüche ${\tt l}$ bis ${\tt 3}$,
- daß mehrere Polarisationstransformatoren (SUB1, SUB2, SUB3, SUB4) und polarisationserhaltenden Lichtwellenleiter (PMF1, PMF2, PMF3, PMF4) abwechselnd aufeinanderfolgen.







Int tional Application No PCT/DE 00/01032

A CLASS	FIFICATION OF SUBJECT MATTER				
IPC 7 G02F1/035 H04B10/18					
]					
According t	to international Patent Classification (IPC) or to both national classif	ication and IPC			
	SEARCHED				
	ocumentation searched (classification system followed by classification sy	ution symbols)			
IPC 7	G02F				
Documenta	the extent that documentation to the extent that	such documents are included in the fields a	earched		
Electronic o	lata base consulted during the international search (name of data b	ase and, where practical, search terms used	d)		
EPO-In	ternal, INSPEC				
Ì					
}					
C. DOCUM	ENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT				
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the re	elevant passages	Relevant to claim No.		
			TOO VERY TO CHEMIT (TO.		
Ιx	HEISMANN F: "ANALYSIS OF A RESE	T-FREE	1-3		
	POLARIZATION CONTROLLER FOR FAST		. 0		
	AUTOMATICPOLARIZATION STABILIZAT				
	FIBER-OPTIC TRANSMISSION SYSTEMS JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY,				
	NEW YORK,	03,1666.			
	vol. 12, no. 4, 1 April 1994 (19	94-04-01),			
	pages 690-699, XP000470369				
	ISSN: 0733-8724 the whole document				
		·			
X	US 4 691 984 A (THANIYAVARN SUWA	T)	1-3		
	8 September 1987 (1987-09-08) column 3, line 21 -column 9, line 59				
		C 33			
		-/			
X ruiti	ner documents are listed in the continuation of box C.	Patent family members are listed	in annex.		
* Special cat	tegories of cited documents :	"I" later document published after the little			
	nt defining the general state of the art which is not ered to be of particular relevance	or priority date and not in conflict with cited to understand the principle or the			
"E" earlier d	locument but published on or after the international	invention "X" document of particular relevance; the ci			
"L" docume	at which may throw doubte on priority claim(s) or s cited to establish the publication date of another	cannot be considered novel or cannot involve an inventive step when the doo	cument is taken alone		
citation	or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the ci cannot be considered to involve an inv	rentive step when the		
other m		document is combined with one or mo ments, such combination being obviou			
	nt published prior to the international filling date but an the priority date claimed	in the art. "8" document member of the same patent t	amily		
Date of the s	notual completion of the international search	Date of mailing of the International sea	rch report		
16	5 August 2000	01/09/2000			
Name and m	ailing address of the ISA	Authorized officer			
	European Patent Office, P.B. 5818 Patentiaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk				
	Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Diot, P			

3

Int tional Application No PCT/DE 00/01032

(Continu	(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT				
Category *		Relevant to claim No.			
A	GLINGENER C ET AL: "Polarization mode dispersion compensation at 20 Gb/s with a compact distributed equalizer in LiNbO/sub 3/" OFC/IOOC'99. OPTICAL FIBER COMMUNICATION CONFERENCE AND THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTEGRATED OPTICS AND OPTICAL FIBER COMMUNICATIONS (CAT. NO.99CH36322), OFC/IOOC'99. OPTICAL FIBER COMMUNICATION CONFERENCE AND THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON IN, pages PD29/1-3 Suppl., XPO02144918 1999, Piscataway, NJ, USA, IEEE, USA cited in the application the whole document	1			
A	NOE R ET AL: "Endless polarization control systems for coherent optics" JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, JULY 1988, USA, vol. 6, no. 7, pages 1199-1208, XP002144919 ISSN: 0733-8724 cited in the application the whole document	1			
A	HEISMANN F ET AL: "Automatic compensation of first order polarization mode dispersion in a 10 Gb/s transmission system" 24TH EUROPEAN CONFERENCE ON OPTICAL COMMUNICATION. ECOC '98 (IEEE CAT. NO.98TH8398), PROCEEDINGS OF ECOC '98 - 24TH EUROPEAN CONFERENCE ON OPTICAL COMMUNICATION, MADRID, SPAIN, 20-24 SEPT. 1998, pages 529-530 vol.1, XP002144920 1998, Madrid, Spain, Telefonica, Spain ISBN: 84-89900-14-0 the whole document	4,5			
E	WO 00 36459 A (SIEMENS AG) 22 June 2000 (2000-06-22) page 25, line 01 -page 31, line 36; figure 12 page 41, line 20 -page 43, line 25; figures 11,20 -/	1-5			

Int. Jonal Application No PCT/DE 00/01032

		PCT/DE 00/01032
C.(Continu Category *	ation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT	
Calegory	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to daim No.
P,A	NOE R ET AL: "Polarization mode dispersion compensation at 10, 20, and 40 Gb/s with various optical equalizers" JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, SEPT. 1999, IEEE, USA, vol. 17, no. 9, pages 1602-1616, XP002144921 ISSN: 0733-8724 Abschnitt: III. Implementation of optical Equalizers page 1611, right-hand column, last paragraph	4,5
	TAKAHASHI T ET AL: "AUTOMATIC COMPENSATION TECHNIQUE FOR TIMEWISE FLUCTUATING POLARISATION MODE DISPERSION IN IN-LINE AMPLIFER SYSTEMS" ELECTRONICS LETTERS, GB, IEE STEVENAGE, vol. 30, no. 4, 17 February 1994 (1994–02–17), pages 348–349, XP000439537 ISSN: 0013–5194 the whole document	4,5

Information on patent family members

Int. Bional Application No PCT/DE 00/01032

Patent document cited in search report	t	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4691984	A	08-09-1987	NONE	
WO 0036459	A	22-06-2000	NONE	

Inte Ionales Aktenzeichen
PCT/DE 00/01032

4 10 10	N		
IPK 7	GO2F1/035 H04B10/18		
Nach der I	nternationalen Patentidaasifikation (IPK) oder nach der nationalen K	Classifikation und der IPK	
	ERCHIERTE GEBIETE		
IPK 7		,	
	erte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen,		
Wäthrend d	er internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank	(Name der Datenbank und evtl. verwendete	Suchbegriffe)
EPO-Ir	iternal, INSPEC		
C. ALS W	ESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angs	abe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anapruch Nr.
X	HEISMANN F: "ANALYSIS OF A RESE POLARIZATION CONTROLLER FOR FAST AUTOMATICPOLARIZATION STABILIZAT	ION IN	1-3
	FIBER-OPTIC TRANSMISSION SYSTEMS JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, NEW YORK, Bd. 12, Nr. 4, 1. April 1994 (19	US, IEEE.	
	Seiten 690-699, XP000470369 ISSN: 0733-8724 das ganze Dokument	94 04 0 1),	
X	US 4 691 984 A (THANIYAVARN SUWA 8. September 1987 (1987-09-08) Spalte 3, Zeile 21 -Spalte 9, Ze	ŕ	1-3
		-/	i e
	ere Veröffentlichungen eind der Fortsetzung von Feld C zu ehmen	X Siehe Anhang Patentfamille	
"A" Veröffen aber ni	Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : itlichung, die den altgemeinen Stand der Technik definiert, cht als besonders bedeutsam anzusehen ist	*T* Sp ßtere Ver öffentlichung, die nach dem oder dem Priorit ätsdatum ver öffentlicht Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur Erfindung zugrundeliggenden Prinzipe of dem prinzipe of	worden ist und mit der zum Verständnis des der
"L" Veröffen	Jokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen tedatum veröffentlicht worden ist tilchung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft er- n zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer	*X" Veröffentlichung von besonderer Bedeut kann allein aufgrund dieser Veröffentlich	tung; die beanspruchte Erfindung hung nicht als neu oder auf
andere sbo lice fregeus	n im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden er die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie	warming in any and and expendence to the installation	tung; die beanspruchte Erfindung sit beruhend betrachtet
eine Be "P" Veröffen	itlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, nutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht tilichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach anspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist	werden, wenn die Veröffentlichung mit Veröffentlichungen dieser Kategorie in diese Verbindung für einen Fechmann i *&* Veröffentlichung, die Mitglied derseiben	Verbindung gebracht wird und naheilegend ist
	bechlusees der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Rec	
16	. August 2000	01/09/2000	
Name und Po	setanschrift der internationalen Recherchenbehörde Europäisches Petentarnt, P.B. 5618 Patentiaan 2	Bevollmächtigter Bediensteter	
	NL - 2280 HV Fijewijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fac: (+31-70) 340-3016	Diot, P	

Int. Honales Aktenzeichen PCT/DE 00/01032

0.5		PCT/DE (00/01032	
C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN Ketegorie* Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angebe der in Betracht kommenden Tellen.				
rategone"	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angebe der in Betracht kommend	len Telle	Betr. Anspruch Nr.	
A	GLINGENER C ET AL: "Polarization mode dispersion compensation at 20 Gb/s with a compact distributed equalizer in LiNbO/sub 3/" OFC/IOOC'99. OPTICAL FIBER COMMUNICATION CONFERENCE AND THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTEGRATED OPTICS AND OPTICAL FIBER COMMUNICATIONS (CAT. NO.99CH36322), OFC/IOOC'99. OPTICAL FIBER COMMUNICATION CONFERENCE AND THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON IN, Seiten PD29/1-3 Suppl., XP002144918 1999, Piscataway, NJ, USA, IEEE, USA in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument		1	
4	NOE R ET AL: "Endless polarization control systems for coherent optics" JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, JULY 1988, USA, Bd. 6, Nr. 7, Seiten 1199-1208, XP002144919 ISSN: 0733-8724 in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument		1	
	HEISMANN F ET AL: "Automatic compensation of first order polarization mode dispersion in a 10 Gb/s transmission system" 24TH EUROPEAN CONFERENCE ON OPTICAL COMMUNICATION. ECOC '98 (IEEE CAT. NO.98TH8398), PROCEEDINGS OF ECOC '98 — 24TH EUROPEAN CONFERENCE ON OPTICAL COMMUNICATION, MADRID, SPAIN, 20—24 SEPT. 1998, Seiten 529—530 vol.1, XP002144920 1998, Madrid, Spain, Telefonica, Spain ISBN: 84—89900—14—0 das ganze Dokument		4,5	
	W0 00 36459 A (SIEMENS AG) 22. Juni 2000 (2000-06-22) Seite 25, Zeile 01 -Seite 31, Zeile 36; Abbildung 12 Seite 41, Zeile 20 -Seite 43, Zeile 25; Abbildungen 11,20 -/		1-5	

Int Bonales Aktenzeichen
PCT/DE 00/01032

		PC1/DE C	00/01032			
	(Fortsetzing) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN					
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht komm	enden Teile	Betr. Anspruch Nr.			
P,A	NOE R ET AL: "Polarization mode dispersion compensation at 10, 20, and 40 Gb/s with various optical equalizers" JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, SEPT. 1999, IEEE, USA, Bd. 17, Nr. 9, Seiten 1602-1616, XP002144921 ISSN: 0733-8724 Abschnitt: III. Implementation of optical Equalizers Seite 1611, rechte Spalte, letzter Absatz		4,5			
A	TAKAHASHI T ET AL: "AUTOMATIC COMPENSATION TECHNIQUE FOR TIMEWISE FLUCTUATING POLARISATION MODE DISPERSION IN IN-LINE AMPLIFER SYSTEMS" ELECTRONICS LETTERS, GB, IEE STEVENAGE, Bd. 30, Nr. 4, 17. Februar 1994 (1994-02-17), Seiten 348-349, XP000439537 ISSN: 0013-5194 das ganze Dokument		4,5			

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur seiben Patentfamilie gehören

Int Ionales Aktenzeichen
PCT/DE 00/01032

im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4691984 A	08-09-1987	KEINE	
WO 0036459 A	22-06-2000	KEINE	

Formblett PCT/ISA/210 (Anhang Patentfernille)(Juli 1992)